

TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI

FAKULTA TEXTILNÍ

Mechanická textilní technologie

Katedra textilních technologií

Parametry multifilu v řezu tkaniny

The characteristics of the multifilament in cut of textile fabric

Martina Rambousková

Vedoucí práce: Ing. Jana Drašarová, PhD.

Konzultant:

Počet stran textu: 42

Počet obrázků: 15

Počet tabulek: 7

Počet příloh: 3

Prohlášení

Prohlašuji, že předložená bakalářská práce je původní a zpracovala jsem ji samostatně. Prohlašuji, že citace použitých pramenů je úplná, že jsem v práci neporušila autorská práva (ve smyslu zákona č. 121/2000 Sb. O právu autorském a o právech souvisejících s právem autorským).

Souhlasím s umístěním bakalářské práce v Univerzitní knihovně TUL.

Byla jsem seznámena s tím, že na mou bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č.121/2000 Sb. o právu autorském, zejména § 60 (školní dílo).

Beru na vědomí, že TUL má právo na uzavření licenční smlouvy o užití mé bakalářské práce a prohlašuji, že **s o u h l a s í m** s případným užitím mé bakalářské práce (prodej, zapůjčení apod.).

Jsem si vědoma toho, že užít své bakalářské práce či poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem TUL, která má právo ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, vynaložených univerzitou na vytvoření díla (až do jejich skutečné výše).

V Liberci, dne

.....

Podpis

Poděkování

Děkuji paní Ing. Janě Drašarové, PhD., vedoucí bakalářské práce, za cenné rady a připomínky, které mi v průběhu vypracování této bakalářské práce poskytla.

Abstrakt

V práci je formulován vliv základních parametrů multifilu a deformace na zploštění průřezu multifilu ve vazném bodě tkaniny. Jsou zde uvedeny vhodné geometrické tvary, jimiž lze zploštělý průřez multifilu ve tkanině při projektování jejich vlastností aproximovat. V práci jsou též uvedeny používané vztahy na výpočet zakrytí a plnosti tkaniny uvažující zploštělý průřez multifilu ve vazném bodě tkaniny.

První experiment je zaměřen na vyhodnocení deformovaných průřezů multifilu z hlediska alternativních hypotéz, které řeší deformaci průřezu niti ve tkanině. Na základě dalšího experimentu byly porovnávány regresní vztahy na výpočet zakrytí průřezu multifilu ve vazném bodě tkaniny se zaplněním z experimentu a zaplněním limitním, odvozeným z válcové struktury. Poslední experiment je zaměřen též na ověření regresních vztahů na výpočet velikosti zploštění průřezu multifilu ve vazném bodě tkaniny.

The Abstract

There is formulated effect of the basic parameters of the multifilament and the deformation on the flattening profile of the multifilament in the sinker of the textile fabric in this thesis. There are presented competent geometric forms. These geometrics forms can approach a flattening profile of the multifilament in a fabric with projection their attributes. There are presented used relations to a calculation shielding and fullness of a fabric considering flattening profile of the multifilament in the sinker of the textile fabric, too.

The first experiment is located on the evaluation deformed profiled of the multifilament from the aspects of the alternative hypotheses. They solve the deformation of crosscut of the file in the fabric. The next experiment confronted the regression relations to the calculation the hidden profile of the multifilament in the sinker fabric with the filling from the experiment and with the limit filling, which is derived from a cylindrical structure. The last experiment is located on the attestation of regression relations to the calculation quantity flattening profile of the multifilament in the sinker of the textile fabric, too.

Seznam použitých symbolů a zkratek

a	[m]	šířka příčného řezu multifilu
am	[ktex ^{2/3} m ⁻¹]	Phrixův zákrutový koeficient
A_o	[m]	rozteč osnovních nití
A_u	[m]	rozteč útkových nití
b	[m]	výška příčného řezu multifilu
c	[m]	zploštělý úsek niti v průřezu ($c = a - b$)
C_o	[1]	vazební koeficient pro osnovu
C_u	[1]	vazební koeficient pro útek
d	[m]	průměr multifilu
d_e	[m]	průměr vlákna
d_o	[m]	průměr osnovní niti
d_s	[m]	substanční průměr multifilu
d_u	[m]	průměr útkové niti
D_o	[m ⁻¹]	dostava osnovy
D_u	[m ⁻¹]	dostava útku
F	[N]	síla působící ve střednici lineárního útvaru
g_o	[1]	prostor nutný k zakřížení pro osnovu
g_u	[1]	prostor nutný k zakřížení pro útek
g	[ms ⁻²]	gravitační zrychlení
G	[kgm ⁻²]	plošná hmotnost tkaniny
h_o	[m]	výška zvlnění osnovy
h_u	[m]	výška zvlnění útku
H	[m]	rozteč os nití ve vazném bodě
I	[1]	inflexní bod vazné vlny
K	[1]	koeficient objemnosti
K_1	[1]	dílčí koeficient objemnosti podle počtu vláken v průřezu multifilu
K_2	[1]	dílčí koeficient objemnosti podle počtu zákrutů
l	[m]	délka vlákna
l_o	[m]	délka osnovní niti
l_u	[m]	délka útkové niti

l_m	[m]	délka multifilu
l_{to}	[m]	délka tkaniny ve směru osnovy
l_{tu}	[m]	délka tkaniny ve směru útku
L	[m]	obvod příčného řezu multifilu
L_v	[m]	tržná délka vlákna
m	[kg]	hmotnost vlákna
m_m	[kg]	hmotnost multifilu
M	[1]	nejvyšší bod vazné vlny
n	[1]	počet vláken v průřezu multifilu
n_o	[min ⁻¹]	otáčky krutného orgánu
n_s	[1]	počet nití ve střídě vazby
P_{tk}	[1]	plnost tkaniny
P_o	[1]	plnost osnovy
P_u	[1]	plnost útku
R_o	[m]	velikost prostoru jedné nitě – zploštělý průřez
R_o'	[m]	velikost prostoru jedné nitě – kruhový průřez
s	[m ⁻²]	plocha příčného řezu vlákna
s_o	[1]	setkání osnovní niti
s_u	[1]	setkání útkové niti
S	[m ⁻²]	substanční plocha příčného řezu multifilu
S	[1]	osa niti
S_c	[m ⁻²]	celková plocha příčného řezu multifilu
t_v	[tex]	jemnost vlákna
t	[m]	tloušťka tkaniny
T	[tex]	jemnost multifilu
v_{od}	[m·min ⁻¹]	rychlost odváděcích válců
Z	[m ⁻¹]	zákrut
Z_o	[1]	zakrytí osnovy
Z_p	[1]	zploštění multifilu
Z_{tk}	[1]	zakrytí tkaniny
Z_u	[1]	zakrytí útku

α_m	[ktex ^{1/2} m ⁻¹]	Koechlinův zákrutový koeficient
α	[1]	relativní šířka příčného řezu multifilu
β	[1]	relativní výška příčného řezu multifilu
γ	[1]	parametr γ ($\gamma = \alpha - \beta$)
δ	[1]	seskání
ε_1	[1]	relativní stlačení příčného řezu multifilu
ε_2	[1]	relativní rozšíření příčného řezu multifilu
κ	[1]	intenzita zákrutu
μ	[1]	zaplnění multifilu
π	[1]	Ludolfovo číslo
ρ	[kgm ⁻³]	měrná hmotnost (hustota) vláken
ρ_m	[kgm ⁻³]	měrná hmotnost multifilu
σ	[Ntex ⁻¹]	napětí ve vlákne
τ	[Pa]	síla působící na jednotku plochy

Obsah

Prohlášení.....	3
Poděkování.....	4
Abstrakt.....	5
Seznam použitých symbolů a zkratk.....	6
Obsah	9
1. Úvod.....	11
1.1 Cíl práce	11
2. Rešeršní část	12
2.1 Základní parametry vláken.....	12
2.1.1 Jemnost	12
2.1.2 Průměr vlákna	12
2.1.3 Tvar příčného řezu	13
2.1.4 Obvod příčného řezu vlákna	13
2.1.5 Měrný povrch vlákna	13
2.1.6 Tahové napětí ve vlákne	14
2.2 Základní parametry multifilu	14
2.2.1 Jemnost multifilu	15
2.2.2 Průměr multifilu.....	15
2.2.3 Zaplnění	16
2.2.4 Zákrut multifilu.....	17
2.2.5 Seskání multifilu	17
2.3 Základní parametry tkanin	18
2.3.1 Vazba tkaniny	18
2.3.2 Dostava	19
2.3.3 Setkání	19
2.3.4 Plošná hmotnost.....	20
2.3.5 Plošné zakrytí tkaniny.....	20
2.4 Popis vazné buňky tkaniny.....	21
2.5 Deformace multifilu ve tkanině	22
2.5.1 Deformace příčného řezu multifilu ve tkanině	22

2.5.1.1 Náhrada příčného řezu multifilu	23
2.5.1.1.1 Geometrický model multifilu – zploštělý průřez	27
2.5.1.2 Geometrické hypotézy	28
2.6 Aplikace deformace multifilu při projektování tkanin.....	30
2.6.1 Plošné zakrytí tkaniny uvažující zploštění průřezu multifilu ve tkanině	30
2.6.2 Plnost tkaniny uvažující zploštění průřezu multifilu ve tkanině	30
3. Experimentální část.....	31
3.1 Popis vzorků tkanin.....	31
3.2 Tvorba „měkkých“ příčných řezů tkaniny	32
3.3 Parametry průřezu multifilu ve vazném bodě tkaniny	33
3.4 Výsledky	34
3.4.1 Velikost deformace průřezu multifilu ve vazném bodě tkaniny	34
3.4.2 Zaplnění multifilu ve vazném bodě tkaniny	34
3.4.3 Zploštění průřezu multifilu ve vazném bodě tkaniny	34
4. Závěr	35
Literatura.....	36
Příloha 1 Geometrické parametry struktury	
Příloha 2 Obrázky řezů zkoumaných tkanin	
Příloha 3 Závislost relativní šířky α , relativní výšky β a parametru γ na poměru zploštění Z_p uvažující konstantní plochu průřezu (ovál) multifilu dle [3]	

1. Úvod

Staré poznatky z teorie geometrie multifilu a tkanin z multifilu se opíraly pouze o představu kruhových průřezů nití obou soustav [3]. Na základě experimentů však bylo zjištěno, že u multifilu ve skutečné tkanině dochází ke zploštění. Zploštění je patrné především v místech kontaktů dvou soustav nití – vazných bodech.

Při projektování tkanin z multifilu je žádoucí toto charakteristické zploštění predikovat a je proto snaha vytvořit vhodný model vycházející z geometrických charakteristik multifilových tkanin. V tomto směru se ukázal jako výhodný pro aproximaci příčného řezu multifilu ve tkanině ovál [3], který splňuje požadavky na poměrně snadné matematické vyhodnocení a zároveň se příliš neliší od skutečnosti. Jiný autor doporučuje pro aproximaci příčného řezu multifilu ve tkanině např. elipsu, čóčku [1], [2].

1.1 Cíl práce

Cílem této bakalářské práce je:

- Prozkoumat stávající možnosti projektování tkanin z multifilu. Zaměřit se na specifikaci geometrických parametrů příčného řezu. Vytipovat vhodné metody k jejich zkoumání.
- Zjistit charakteristiky příčných řezů pro vybrané tkaniny z multifilu a porovnat je s výsledky dostupných systémů projektování.
- Na základě získaných poznatků zhodnotit platnost dostupných systémů projektování tkanin z hlediska deformace příčného řezu multifilu.

2. Rešeršní část

Vymezená oblast, kterou se zabývá textilní obor je: textilní vlákno, délková textilie, plošná textilie, prostorová textilie [1]. Přičemž některé vlastnosti daného textilního útvaru jsou rozhodující měrou určeny vždy vlastnostmi nejbližšího nižšího útvaru. Za základní textilní útvar je považováno vlákno. V této části jsou proto uvedeny základní parametry vláken, multifilu a tkanin. Dále se tato část zabývá popisem geometrických modelů vazné buňky tkaniny. Tato část také pojednává o různých typech namáhání (ohybové, torzní, tlakové, tahové), které vede k deformaci průřezu multifilu ve tkanině. Také je zde uveden popis dvou alternativních hypotéz, které vyjadřují vztah mezi parametry příčného řezu před a po deformaci. Poslední kapitola této části (2.6) pojednává o aplikaci deformace multifilu při projektování tkanin z hlediska plošného zakrytí a plnosti tkaniny.

2.1. Základní parametry vláken

Textilním vláknem se má obvykle na mysli dostatečně dlouhý a tenký útvar, který se používá v textilních technologiích [8]. U textilních vláken lze stanovit mnoho jejich základních parametrů. V této kapitole jsou uvedeny některé z nich, především ty, které mají vztah ke geometrii.

2.1.1 Jemnost

Jemnost (délková hmotnost) vlákna t_v se vyjadřuje jako podíl hmotnosti m vlákna ku jeho délce l [8]. Níže uvedený vztah (1) také poukazuje na možnost vyjádření jemnosti vlákna prostřednictvím plochy příčného řezu s a měrné hmotnosti (hustoty) ρ vlákna. Stanovení měrné hmotnosti pro běžné účely lze z tabulky dle [7], [8].

$$t_v = \frac{m}{l} = \frac{\rho \cdot V}{l} = \frac{\rho \cdot l \cdot s}{l} = \rho \cdot s \quad (1)$$

2.1.2 Průměr vlákna

Jestliže má vlákno kruhový průřez s průměrem vlákna d_e , pak platí vztah (2). Podle

tohoto vztahu však můžeme vypočítat průměr i pro vlákno s nekruhovým průřezem. Ten potom nazýváme ekvivalentní průměr [8]. Ekvivalentní průměr lze definovat průměrem kruhu, který má stejnou plochu jako průřez vlákna.

$$d_e = \sqrt{\frac{4 \cdot s}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot t_v}{\pi \cdot \rho}} \quad (2)$$

2.1.3 Tvar příčného řezu



Obr. 1

Tvar příčného řezu lze charakterizovat jeho plochou s , která je uzavřena obvodem p (obr.1). S absolutně kruhovým průřezem vlákna se prakticky nelze setkat. Vlákna přírodní vykazují častěji vyšší odchylku od absolutně kruhového průřezu než vlákna chemická (neuvažujeme-li profilovaný průřez). V souvislosti s tvarem příčného řezu vlákna definovala Malinowská tzv. tvarový faktor [8]. Tvarový faktor je dán vztahem:

$$q = \frac{p}{\pi d_e} - 1, \quad (3)$$

kde q je tvarový faktor, p je obvod příčného řezu, π je Ludolfovo číslo a d_e je průměr vlákna.

2.1.4 Obvod příčného řezu vlákna

Výraz pro výpočet obvodu příčného řezu vlákna p vychází ze znalosti průměru d_e a tvarového faktoru q průřezu vlákna [8]. Vyplývá ze vztahu (3), tedy:

$$p = \pi d_e (1 + q). \quad (4)$$

2.1.5 Měrný povrch vlákna

Měrný povrch vlákna významně ovlivňuje vlastnosti textilie [8]. Vyjadřuje plochu povrchu vláken ve hmotnostní jednotce materiálu. Výpočtem stanovený měrný povrch vláken se pohybuje řádově ve $100 \text{ m}^2 \text{kg}^{-1}$. Laboratorní stanovení měrného povrchu dosahuje hodnot vyšších. Lze ho definovat vztahem:

$$a = 2\sqrt{\pi} \frac{1+q}{\sqrt{\rho \cdot t_v}}, \quad (5)$$

kde a je měrný povrch vlákna, q je tvarový faktor, ρ je měrná hmotnost vláken a t_v je jemnost vlákna.

2.1.6 Tahové napětí ve vlákně

Vyjadřuje se jako síla působící na jednotku jemnosti [7]. Tahové napětí ve vlákně lze definovat vtahem:

$$\sigma = \frac{F}{t_v} = \frac{F}{s \cdot \rho} = \frac{\tau}{\rho}, \quad (6)$$

kde σ je napětí ve vlákně, F je síla působící ve střednici vlákna, t_v je jemnost vlákna, s je plocha vlákna, ρ je měrná hmotnost vláken a τ je síla působící na jednotku plochy.

V minulosti bylo napětí v textiliích vyjadřováno pomocí tržné délky. Tržná délka je definována jako délka, při níž se vlákno přetrhne vlastní tíhou. Tržnou délku lze vyjádřit dle vztahu:

$$L_v = \frac{F \cdot 10^3}{g \cdot t_v}, \quad (7)$$

kde L_v je tržná délka vlákna, F je síla působící ve střednici vlákna, g je gravitační zrychlení ($9,80665 \text{ ms}^{-2}$) a t_v je jemnost vlákna.

2.2. Základní parametry multifilu

Multifil definujeme jako množinu nejméně čtyř nekonečných chemických vláken stejného druhu, modifikace a průřezu [10]. Jednotlivá nekonečná vlákna jsou družena nebo zpevněna zákrutem.

Multifil je základní stavební jednotka multifilové tkaniny. Podle [9] je multifil nejvýznamnější polotovár při výrobě tkanin z multifilu. Je nositelem struktury a vlastností výsledného produktu.

Tato kapitola se věnuje popisu některých základních parametrů multifilu.

2.2.1 Jemnost multifilu

Jemnost multifilu vyjadřujeme podílem hmotnosti multifilu m_m k jeho délce l_m . Lze ji také definovat na základě substanční plochy průřezu S a měrné hmotnosti ρ vláken.

$$T = \frac{m_m}{l_m} = \frac{\rho \cdot V}{l_m} = \frac{\rho \cdot l_m \cdot S}{l_m} = \rho \cdot S \quad (8)$$

V případě rovnoběžného uložení vláken (v nezakrouceném stavu) lze jemnost multifilu vyjádřit vztahem:

$$T = t_v \cdot n, \quad (9)$$

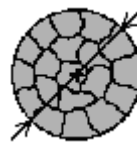
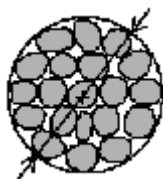
kde T je jemnost multifilu, t_v je jemnost vláken a n je počet vláken v průřezu.

2.2.2 Průměr multifilu

Stanovení průměru niti tkanin z multifilu je jedním z hlavních kritérií při konstrukci multifilových tkanin [3]. V případě představy stlačení nití do homogenního válce (viz obr. 2b) lze příčný rozměr niti označit jako substanční průměr [1], [7]. Jedná se však o idealizaci, neboť je v tomto případě zanedbáno zaplnění multifilu vlákny (čili $\mu = 1$). Substanční průměr je definován výrazem:

$$d_s = \sqrt{\frac{4 \cdot S}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot T}{\pi \cdot \rho}}, \quad (10)$$

kde d_s je substanční průměr multifilu, S je substanční plocha průřezu niti, T je jemnost multifilu, ρ je měrná hmotnost vláken.



Obr. 2a Průměr multifilu d Obr. 2b Substanční průměr multifilu d_s

Multifil ve skutečnosti není stejnorodým válcem [1], [2], [11]. Mezi vlákny jsou vzduchové mezery, hustota stěsnání vláken není rovnoměrná. Z tohoto důvodu neexistuje jednoznačná definice průměru multifilu. Pro výpočet průměru multifilu, který uvažuje vzduchové mezery mezi vlákny (viz obr. 2a) lze využít vztah:

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot T}{\pi \cdot \mu \cdot \rho}}, \quad (11)$$

kde d je průměr multifilu, T je jemnost multifilu, μ je zaplnění (kap. 2.2.3) a ρ je měrná hmotnost vláken.

Průměr multifilu, který uvažuje vzduchové mezery mezi vlákny lze též vypočítat dle vztahu (12), jenž při výpočtu nevychází přímo z měrné hmotnosti substance vláken, ale z měrné hmotnosti multifilu.

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot T}{\pi \cdot \rho_m}}, \quad (12)$$

kde d je průměr multifilu, T je jemnost multifilu a ρ_m je měrná hmotnost multifilu, kterou lze vypočítat na základě vztahu (35).

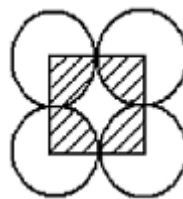
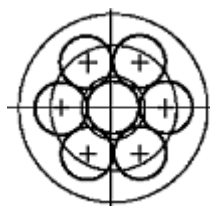
2.2.3 Zaplnění

Jedná se o veličinu vyjadřující podíl celkového prostoru útvaru zaplněného objemem vláken [7]. Lze ho definovat jako objemové nebo plošné:

$$\mu = \frac{V}{V_c} = \frac{S}{S_c}, \quad (13)$$

kde μ je zaplnění multifilu, V je objem vláken, V_c je celkový objem multifilu, S je substanční plocha vláken v průřezu, S_c je celková plocha průřezu multifilu.

Snaha pochopit zákonitosti reálných řezů vedla ke vzniku idealizovaných modelů [7]. Dle [1], [2] mají vlákna v multifilu tendenci zaujímat optimální pozici (maximálně uspořádanou strukturu) již při malých dostředivých silách (nízkém počtu zákrutů). Toto uspořádání vláken v průřezu dobře vystihuje otevřená forma uspořádání v kruzích, označovaná jako válcová. Je předpokládáno, že vlákna zde tvoří kruhové vrstvy, přičemž v každé z nich je obsažen jejich maximálně umístitelný počet. Tvoří-li první vrstva jediné vlákno (osa svazku je totožná s osu středového vlákna), hovoříme o kruhové radiální struktuře se středovým vláknem (obr. 3a). Jestliže jsou kruhové vrstvy uspořádány s osou v ose svazku (kruhová radiální struktura bez středového vlákna), pak toto vlákenné seskupení připomíná čtvercové uspořádání (obr. 3b). Pro výpočet průměru multifilu je doporučena hodnota zaplnění 0,7, odvozená z limitního zaplnění válcové struktury.



Válcová struktura

Obr. 3a Se středovým vláknem Obr. 3b Čtvercové uspořádání

2.2.3 Zákrut multifilu

Zákrut je veličina, která se váže pouze ke skupině kroucených délkových textilií [7]. Z hlediska tvorby je zákrut Z definován jako počet otáček n_o krutného orgánu ku rychlosti odváděcích válců v_{od} . Je definován vztahem (14).

$$Z = \frac{n_o}{v_{od}} \quad (14)$$

Zákrut z hlediska struktury vyjadřuje počet ovinů připadajících na určitou délku krouceného multifilu. Běžné výpočty jsou prováděny na základě teorií Koechlina a Phrixe. Užívá se zákrutových koeficientů:

$$\alpha_m = Z\sqrt{T}, \quad (15)$$

$$am = ZT^{2/3}, \quad (16)$$

kde α_m je Koechlinův zákrutový koeficient, am je Phrixův zákrutový koeficient, Z je zákrut a T je jemnost multifilu.

Intenzita zákrutu

Popisuje úhel stoupání šroubovice povrchového vlákna. Vyjadřuje se jako součin průměru a zákrutu. Je to bezrozměrná veličina. Lze ji definovat vztahem:

$$\kappa = \pi \cdot d \cdot Z, \quad (17)$$

kde κ je intenzita zákrutu, d je průměr multifilu a Z je zákrut.

2.2.4 Seskání multifilu

Vyjadřuje zkrácení svazku nekonečných vláken v důsledku jeho zakroucení. Definuje se vztahem:

$$\delta = \frac{l_0 - l_s}{l_0}, \quad (18)$$

kde δ je seskání, l_0 je délka nezakrouceného multifilu a l_s je délka multifilu po zakroucení.

2.3. Základní parametry tkanin

Biaxiální tkanina je plošná textilie tvořená dvěma soustavami nití, na sebe kolmými – osnovou (podélný směr, rovnoběžný s pevnými kraji tkaniny) a útkem (příčný směr). Osnova a útek jsou vzájemně provázány (kříženy) vazbou tkaniny.

Konstrukce tkanin je volba prvků a technologických postupů k dosažení požadovaných vlastností tkanin. Na soubor požadovaných vlastností tkanin lze hledět dvěma způsoby. A to z pozice spotřebitele (kam řadíme užité vlastnosti) nebo z hlediska výrobce (technologické vlastnosti) [5]. Hodnocení lze provádět (měřit) buď objektivně (pevnost, tažnost, pružnost, tepelné vlastnosti atp.) nebo subjektivně (vzhled, módnost atp.). V souvislosti s požadovanými vlastnostmi tkanin je snaha vytvořit systém projektování vlastností tkanin.

Tkaninu lze popsat souborem mnoha různých charakteristik. Některé z nich jsou uvedeny v této kapitole.

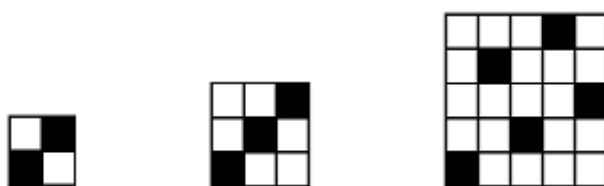
2.3.1 Vazba tkaniny

Vazbou tkaniny je nazýván způsob provázání (křížení) osnovy a útku ve tkanině. Každé překřížení osnovy a útku označujeme jako vazný bod (resp. vazná buňka, vazný prvek) tkaniny. Pokud osnova provazuje nad útkem, jedná se o vazný bod osnovní. Jestliže váže útek nad osnovou, nazýváme tento vazný bod útkový.

Vazbu zakreslujeme do vzornicového papíru (rastru), v případě potřeby rozkreslujeme celou technickou vzornici. Černě (plně) zakreslujeme vazné body osnovní. Vazné body útkové necháme bílé (resp. se nezakreslují). Část vazby, která se v ploše tkaniny pravidelně opakuje, nazýváme střída vazby. Její rozkreslení (opakování vazby, též vazba po střídě) se zakresluje do rastru v potřebném rozsahu barvou červenou. Slouží nám pro lepší přehled o vzorování vazby.

Podle způsobu provázání rozeznáváme vazby základní, odvozené a volně sestavované (resp. složené). Mezi základní vazby patří vazba plátnová (obr. 4a), keprová (obr. 4b) a atlasová (obr. 4c). Vazba plátnová je nejjednodušší

a nejpoužívanější tkalcovská vazba. Má nejhustší a nejpravidelnější provázání. Střída vazby má dvě niti osnovní a dva útky. Keprové vazby jsou charakteristické šikmým řádkováním levého nebo pravého směru. Nejmenší kepr je třívazný. Střída vazby je vždy do čtverce. Vazby atlasové se vyznačují hladkým povrchem a nevýrazným šikmým řádkováním různého sklonu. Na rozdíl od keprů se vazné body nesmějí dotýkat. Rozmístění vazných bodů se zakresluje pomocí postupného (vzestupného) čísla. Nejmenší atlas je pětivazný. Mezi vazby odvozené patří odvozeniny plátna (ryps, panama), kepru (kepr zesílený, víceřádkový, hrotový, křížový, lomený atd.) a atlasu (např. atlas nepravidelný, zesílený, přísazovaný). Poslední skupinou vazeb jsou vazby volně sestavované (vazby vaflové, kanavové, štrukové atd.).



Vazby základní

Obr. 4a Plátno

Obr. 4b Kepr

Obr. 4c Atlas

2.3.2 Dostava

Je to počet osnovních nebo útkových nití připadajících na jednotku délky, obvykle na 100 mm. Jestliže se dostava osnovy rovná dostavě útku, jedná se o dostavu čtvercovou. Maximální možná dostava je nazývána dostavou limitní. Dostava osnovy se značí D_o a dostava útku D_u .

2.3.3 Setkání

Je to zkrácení osnovních nebo útkových nití vlivem zatkání. Je definováno:

$$s_o = \frac{l_o - l_{to}}{l_{to}}, \quad (19)$$

$$s_u = \frac{l_u - l_{tu}}{l_{tu}}, \quad (20)$$

kde s_o (s_u) je setkání osnovy (útku), l_o (l_u) je délka osnovní (útkové) niti v úseku tkaniny a l_{to} (l_{tu}) je délka úseku tkaniny ve směru osnovy (útku).

2.3.4 Plošná hmotnost

Je to hmotnost tkaniny připadající na určitou plochu. Je definována vztahem:

$$G = D_o T_o (1 + s_o) + D_u T_u (1 + s_u), \quad (21)$$

kde G je plošná hmotnost tkaniny, D_o (D_u) je dostava osnovy (útku), T_o (T_u) je jemnost osnovní (útkové) niti a s_o (s_u) je setkání osnovy (útku).

2.3.5 Plošné zakrytí tkaniny

Vyjadřuje se jako plocha zakrytá nitěmi ku celkové ploše tkaniny (resp. vazného bodu).

Definuje se vztahem:

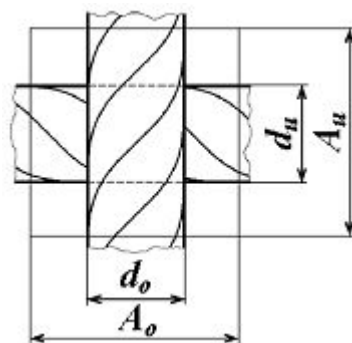
$$Z_{tk} = Z_o + Z_u - Z_o \cdot Z_u. \quad (22)$$

Přičemž platí:

$$Z_o = \frac{d_o \cdot A_u}{A_o \cdot A_u} = \frac{d_o}{A_o} = D_o \cdot d_o, \quad (23)$$

$$Z_u = \frac{d_u \cdot A_o}{A_o \cdot A_u} = \frac{d_u}{A_u} = D_u \cdot d_u, \quad (24)$$

kde Z_{tk} je zakrytí tkaniny (vztažené k ploše tkaniny nebo vazného prvku – obr. 5), Z_o (Z_u) je zakrytí osnovy (útku), d_o (d_u) je průměr osnovní (útkové) niti, A_o (A_u) je rozteč osnovy (útku) ve vazném bodě ($1/D$) a D_o (D_u) je dostava osnovy (útku).



Obr. 5 Zakrytí vazného prvku

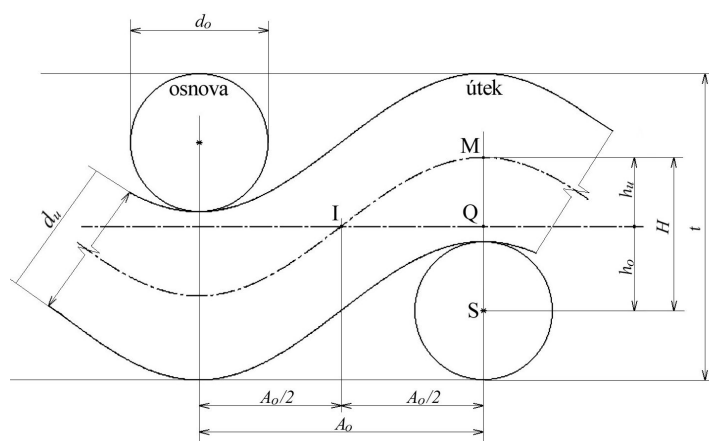
Nevýhodou však je, že výpočet plošného zakrytí dle výše uvedených vztahů (23) a (24) neuvažuje zploštění nití, které je charakteristické pro tkaniny z multifilu. Vztah pro výpočet plošného zakrytí s respektováním specifického zploštění je uveden v kap. 2.6.1.

2.4. Popis vazné buňky tkaniny

Geometrický model tkaniny je zjednodušený obraz skutečnosti [12]. Studium složitých jevů reálného světa na zjednodušených modelech je metodou zcela běžnou ve vědě a technice. Model musí co nejlépe odpovídat skutečnosti, zároveň musí být dostatečně obecný a umožňovat matematické modelování. Tvorba modelů nejčastěji vychází z popisu plátnové vazby, kde se pravidelně střídá osnovní a útkový vazný bod a lze k němu vztáhnout i jiné vazby. Model vazného prvku může být sledován ve stavu zrodu nebo až v hloubky tkaniny ve stavu ustáleném [4]. Při popisu geometrie vazného prvku byly zavedeny tyto zjednodušující předpoklady (idealizace):

- nit je kompaktní těleso s kruhovým průřezem; v místech vazných bodů nedochází k deformaci průřezů ani ke zhuštění vláken;
- model vazného bodu je sledován v hotové tkanině ve stavu ustáleném;
- tkanina je vyrovnaná ($t = d_o + d_u$);
- těžiště jednotlivých kolmých průřezů se nachází vždy ve středu niti a je možno definovat neutrální osu niti jako křivku spojující těžiště všech kolmých řezů niti; takto myšlená neutrální osa niti je totožná s průběhem vazné vlny osnovní i útkové niti ve tkanině;
- inflexní body neutrálních os všech osnovních a útkových nití leží v jedné rovině, zvané střední rovina tkaniny.

Znázornění příčného řezu tkaniny (kolmo k osnovním nitím) za předpokladu výše uvedených idealizací je na obr. 6.



Obr. 6 Vazná buňka tkaniny

Kde A_o (A_u) je rozteč osnovních (útkových) nití, d_o (d_u) je průměr osnovní (útkové) niti, t je tloušťka tkaniny, H je rozteč os nití ve vazném bodě, h_o (h_u) je výška zvlnění osnovy

(útku), **S** je osa osnovní niti, **I** je inflexní bod vazné vlny útku a **M** je nejvyšší bod vazné vlny.

2.5. Deformace multifilu ve tkanině

Při výrobě plošné textilie je nit vystavena namáhání, které vede k její deformaci [1], [2]. Při tkaní je odlišné namáhání osnovních a útkových nití [9]. Osnova musí být hodně napnutá, neboť je v rovnováze se silou přírazu (při malém napětí osnovy by vznikla řídká tkanina). Útkové nitě jsou namáhány méně.

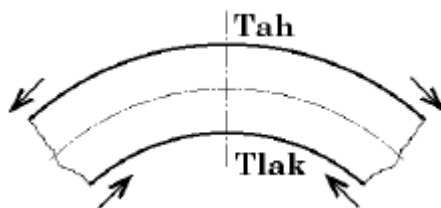
Některé druhy namáhání (např. tahové v axiálním směru osnovy popř. útku) lze v průběhu tkaní korigovat [5]. V případě zatkávání útku to může být pomocí tzv. naddodávky útku (zatkávání útku ve vlnách, šikmo k ose stavu atp., aby zešikmená délka byla větší než paprsková šíře) nebo přepínáním útku při ukládání (bržděním v zanášecím zařízení). V případě osnovy je napětí dané seřízením osnovního regulátoru.

V reálných případech jde většinou o kombinaci různých druhů namáhání – ohybového, torzního, tlakového, tahového [1], [2]. Navíc se rozlišuje deformace po délce multifilu a deformace v příčném řezu multifilu.

2.5.1 Deformace příčného řezu multifilu ve tkanině

Průřez nitě se deformuje především ohybem nitě. Vlivem zakřivení vzniká na vnější (horní) polovině průřezu tahové a na dolní tlakové axiální napětí (obr. 7), které vede ke vzniku radiálního napětí působícího směrem k vodorovné ose průřezu nitě [9]. Dochází ke stlačení, rozšíření a zhuštění niti a tím i ke změně její vnitřní struktury. Tento typ deformace převažuje v místech kontaktu dvou nití – vazných bodech tkaniny [1], [2], [5], [7]. Významný vliv na zploštění multifilu má též deformace torzní. V práci [2] bylo zjištěno, že velikost deformace příčného řezu (rozšíření, stlačení, zploštění) ovlivňuje právě zákrut významnou měrou. Především u multifilu s nízkou hladinou zákrutu (tzv. ochranný zákrut), resp. u multifilu bezzákrutového lze konstatovat vyšší zploštění příčného řezu.

Stupeň deformace příčného řezu dále závisí také na druhu materiálu, počtu vláken v průřezu, zaplnění atp.

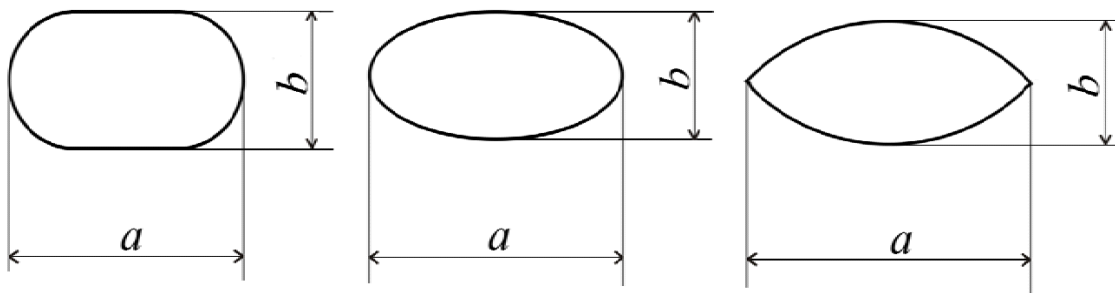


Obr. 7 Vznik tahového a tlakového napětí vlivem ohybu nitě

2.5.1.1 Náhrada příčného řezu multifilu

Již v úvodu bylo uvedeno, že staré modely geometrie multifilu a multifilových tkanin uvažovaly pouze kruhový průřez. Mikroskopováním řezů multifilových tkanin se ukázalo, že se ve většině případů o tvar podobný kruhu nejedná, ale že průřez je zploštělý [3].

Deformovaný řez multifilu lze obvykle pro další zpracování aproximovat různými geometrickými tvary. Tato aproximace však musí splňovat určité požadavky, především se nesmí podstatně geometricky lišit od reálně deformovaného průřezu multifilu. Tyto požadavky splňuje např. elipsa (obr. 8b), ovál (tzv. Kempův průřez, obr. 8a), čočka (obr. 8c). Jako nejvýhodnější se zdá být pro aproximaci příčného řezu ovál, neboť nevyžaduje náročnou představivost a veškeré odvozené vzorce dávají názorný a jednoznačný přehled o způsobu řešení [3].



Řez zdeformované nitě

Obr. 8a Ovál

Obr. 8b Elipsa

Obr. 8c Čočka

Zajímavá je též teorie Kempova, zvaná také parciální geometrie tkaniny [4], [6]. Zde ovšem na rozdíl od aproximace průřezu jedné zploštělé nitě se oválem nahrazují skupiny současně provazujících nití. Potíží je ovšem v tom, že nelze předem výpočtem určit, jaké rozměry budou mít oválné řezy skupinami nití.

Tato kapitola je především věnována veličinám (zejména zploštění Z_p , koeficient objemnosti K , měrná hmotnost multifilu ρ_m atd.), které byly odvozeny v závislosti na nahrazení příčného řezu multifilu oválem. Tyto poznatky je nutno

respektovat při výpočtech vlastností tkanin z multifilu jako je zakrytí, plnost, tloušťka tkaniny apod.

Pro ovál platí následující vztahy:

$$\text{poměr zploštění} \quad Z_p = \frac{b}{a}, \quad (25)$$

kde Z_p je zploštění multifilu, a je šířka příčného řezu multifilu a b je výška příčného řezu multifilu (viz obr. 8a).

Platí: ($0 < Z_p < 1$). Jestliže: $Z_p = 1$ ($a = b$), znamená to, že je průřez kruhový. V případě $Z_p = 0$ ($a = 0$, popř. $b = 0$) – neexistence průřezu.

Dále lze definovat:

$$\text{plocha průřezu} \quad S = \frac{\pi b^2}{4} + b(a - b), \quad (26)$$

$$\text{obvod průřezu} \quad L = \pi b + 2(a - b), \quad (27)$$

$$\text{relativní šířka} \quad \alpha = \frac{a}{d}, \quad (28)$$

$$\text{relativní výška} \quad \beta = \frac{b}{d}, \quad (29)$$

$$\text{parametr } \gamma \quad \gamma = \alpha - \beta, \quad (30)$$

$$\text{relativní stlačení} \quad \varepsilon_1 = \frac{(b - d)}{d} = \beta - 1, \quad (31)$$

$$\text{relativní rozšíření} \quad \varepsilon_2 = \frac{(a - d)}{d} = \alpha - 1. \quad (32)$$

Relativní šířka α , relativní výška β a jejich rozdíl γ závisejí pouze na poměru zploštění Z_p a lze je sestavit do tabulky 1 [3] dle vztahů (33), (34) a (30), které uvažují konstantní plochu průřezu multifilu po deformaci (viz kap. 2.5.1.2).

$$\beta = \left[1 + \left(\frac{4}{\pi} \cdot \frac{1 - Z_p}{Z_p} \right) \right]^{-\frac{1}{2}} \quad (33)$$

$$\alpha = \frac{\beta}{Z_p} \quad (34)$$

Tabulka 1 *)

Z_p	α	β	γ
0,35	1,560	0,546	1,014
0,36	1,539	0,554	0,985
0,37	1,519	0,562	0,957
.	.	.	.

.	.	.	.
.	.	.	.
0,60	1,226	0,736	0,490
0,61	1,216	0,742	0,474
0,62	1,209	0,750	0,459
.	.	.	.
.	.	.	.
.	.	.	.
0,98	1,008	0,988	0,020
0,99	1,004	0,994	0,010
1,00	1,000	1,000	0,000

*) Dopočítaná tabulka viz příloha 3.

Na základě experimentu bylo zjištěno, že nelze stanovit jednotný poměr zploštění Z_p pro všechny druhy materiálů, a že je třeba provést diferenciaci. Rozlišení z hlediska druhu materiálu, jemnosti multifilu a počtu zákrutů na metr provedl Bohadlo [3]. Hodnoty získané pomocí korelačních propočtů příčných řezů multifilu dle Bohadla jsou uvedeny v tabulce 2.

Tabulka 2

Materiál v osnově (útku)	Rovnice	Obor platnosti
CV – viskóza CA – acetát CTA – triacetát CUP – měďnaté hedvábí	$Z_p = 0,0047\alpha_m + 0,3215$	$0 \leq \alpha_m \leq 128$
PA – polyamid	$Z_p = 0,0059\alpha_m + 0,3014$	$0 \leq \alpha_m \leq 81$
PES – polyester	$Z_p = 0,0048\alpha_m + 0,3445$	$0 \leq \alpha_m \leq 90$

Kde Z_p je zploštění, α_m je Koechlinův zákrutový koeficient (dle vztahu (15)).

Vzduchové prostory mezi vlákny ovlivňují měrnou hmotnost multifilu. Čím je útvar poréznější (nižší mezivláknový kontakt), tím je nižší jeho měrná hmotnost [7]. Z toho důvodu byl navržen *koeficient objemnosti* K , který se uplatňuje ve vztahu (35). Na základě tohoto vztahu lze vypočítat měrnou hmotnost multifilu.

$$K = \frac{\rho}{\rho_m} = \frac{1}{\mu}, \quad (35)$$

kde ρ_m je měrná hmotnost multifilu, ρ je měrná hmotnost vláken, K je koeficient objemnosti a μ je zaplnění (kap. 2.2.3).

Velikost koeficientu objemnosti K je dle Bohadla [3] závislá na druhu materiálu, počtu vláken v průřezu, počtu zákrutů na metr, jemnosti multifilu atp. Koeficient objemnosti lze stanovit dle vztahu:

$$K = K_1 + K_2, \quad (36)$$

kde K je koeficient objemnosti, K_I je dílčí koeficient objemnosti podle počtu vláken v průřezu multifilu a K_2 je dílčí koeficient objemnosti podle počtu zákrutů.

Dílčí koeficient objemnosti podle počtu vláken v průřezu multifilu K_I je možno stanovit podle vztahu (37). Tento dílčí koeficient nám udává plochu oválu zploštělého průřezu multifilu dělenou součtem ploch všech vláken v multifilu. Na základě výpočtů byla pro koeficient K_I stanovena závislost uvedená ve vztahu (38) [3]. Pro běžný počet vláken v průřezu jsou hodnoty K_I uvedeny v tabulce 3.

$$K_I = \frac{b^2 \left(\frac{\pi}{4} + \frac{1}{Z_p} - 1 \right)}{\frac{T}{\rho}} = \frac{\beta^2 d^2 \left(\frac{\pi}{4} + \frac{1}{Z_p} - 1 \right)}{\sum_{i=1}^n \frac{\pi d_e^2}{4}}, \quad (37)$$

kde K_I je dílčí koeficient objemnosti podle počtu vláken v průřezu multifilu, b je výška příčného řezu multifilu, Z_p je zploštění multifilu, T je jemnost multifilu, ρ je měrná hmotnost vláken, β je relativní výška příčného řezu multifilu, d_e je průměr vlákna, d je průměr multifilu a n je počet vláken v průřezu multifilu.

$$K_I = 0,002n + 1,120 \quad (38)$$

Tabulka 3

n	1	12	16	18	25	32	36	40	60
K_I	1,000	1,144	1,152	1,156	1,170	1,184	1,192	1,200	1,240

Dílčí koeficient objemnosti podle počtu zákrutů K_2 vyjadřuje vliv druhu materiálu, počtu zákrutů a jemnosti multifilu na měrnou hmotnost multifilu. Na základě výpočtů byly pro K_2 stanoveny vztahy uvedené v tabulce 4 (tab. 3 a 4 je opět z [3]).

Tabulka 4

Materiál	Rovnice	Obor platnosti
CV – viskóza CA – acetát CTA – triacetát CUP – měďnaté hedvábí	$K_2 = -0,00742\alpha_m + 1,91356$	$0 \leq \alpha_m \leq 128$
PA – polyamid	$K_2 = -0,00239\alpha_m + 0,95976$	$0 \leq \alpha_m \leq 81$
PES – polyester	$K_2 = -0,00530\alpha_m + 1,31900$	$0 \leq \alpha_m \leq 90$

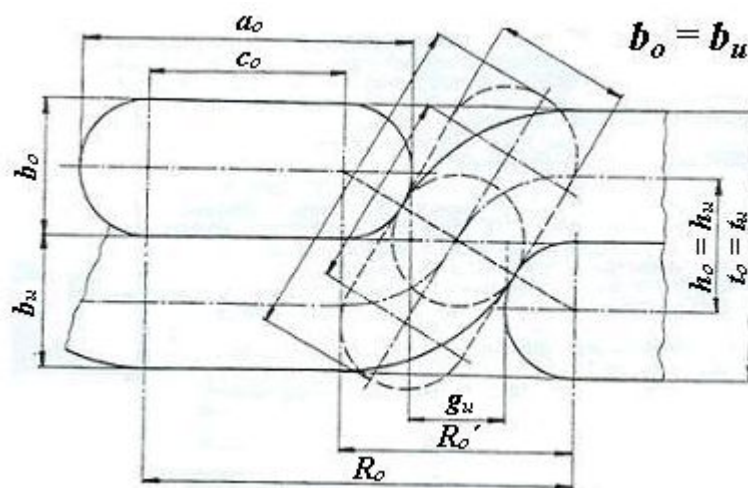
Kde K_2 je dílčí koeficient objemnosti podle počtu zákrutů, α_m je Koechlinův zákrutový koeficient (dle vztahu (15)).

Veškeré poznatky, které jsou uvedeny v této kapitole je třeba respektovat při projektování tkanin z multifilu. Jedná se především o konstrukce tkanin na bázi plnosti a zakrytí. Vztahy pro výpočet plnosti a zakrytí, které uvažují charakteristické zploštění průřezu ve vazném bodě tkanin z multifilu jsou uvedeny v kap. 2.6.1 a 2.6.2

2.5.1.1.1 Geometrický model multifilu – zploštělý průřez

Pochopení teorie kruhových průřezů je nezbytné pro základní úvahy v teoriích nekruhových průřezů [12]. Teorie nekruhových průřezů je z matematického hlediska složitější než teorie kruhových průřezů.

Geometrický model vycházející z tvaru oválu zploštělého průřezu multifilu ve tkanině s plátňovou vazbou je schématicky znázorněn na obr. 9.



Obr. 9 Vazná buňka tkaniny (náhrada průřezů oválem)

Kde a_o je šířka příčného řezu multifilu v osnově a b_o (b_u) je výška příčného řezu multifilu v osnově (útku), c_o je zploštělý úsek v osnově, h_o (h_u) je výška zvlnění osnovy (útku), t_o (t_u) je tloušťka tkaniny, g_u prostor nutný k zakřížení pro útek, R_o je velikost prostoru jedné nitě – zploštělý průřez a R_o' je velikost prostoru jedné nitě – kruhový průřez.

Zjednodušený model zobrazuje tkaninu s těsným geometrickým nahuštěním (s limitní dostavou). Tkanina je vyrovnaná – součet výšky osnovy b_o a výšky útku b_u je roven tloušťce tkaniny. Známé vzorce pro kruhové průřezy (uvedeny např. v [12]) na výpočet roztečí (A_o , A_u), zakrytí (Z_c), plnosti (P) apod. se v podstatě nezmění. Pouze je nutné k části R_o' ve výpočtech přidávat zploštělé úseky c a místo průměru d dosazovat výšku příčného řezu multifilu b .

2.5.1.2 Geometrické hypotézy

Geometrické hypotézy vyjadřují vztah mezi parametry příčného řezu před a po deformaci [1], [2], [7].

- První alternativní hypotéza *o zachování plochy* předpokládá, že se plocha původní nestlačené niti s deformací nemění. Pro oval, elipsu a čočku získáme pak závislost mezi relativní šířkou a relativní výškou:

$$\text{oval} \quad \alpha = \frac{\pi - \beta^2(\pi - 4)}{4\beta}, \quad (39)$$

$$\text{elipsa} \quad \alpha = \frac{1}{\beta}, \quad (40)$$

$$\text{čočka} \quad \alpha = \sqrt{\alpha^2 + \frac{4}{3}\beta^2}(\alpha^2 + \beta^2) - \alpha(\alpha^2 - \beta^2) - \pi\beta = 0. \quad (41)$$

- Druhá alternativní hypotéza *o zachování obvodu* předpokládá, že se obvod původní nestlačené niti s deformací nemění. Pro oval, elipsu a čočku získáme pak závislost mezi relativní šířkou a relativní výškou:

$$\text{oval} \quad \alpha = \frac{\pi - \beta(\pi - 2)}{2}, \quad (42)$$

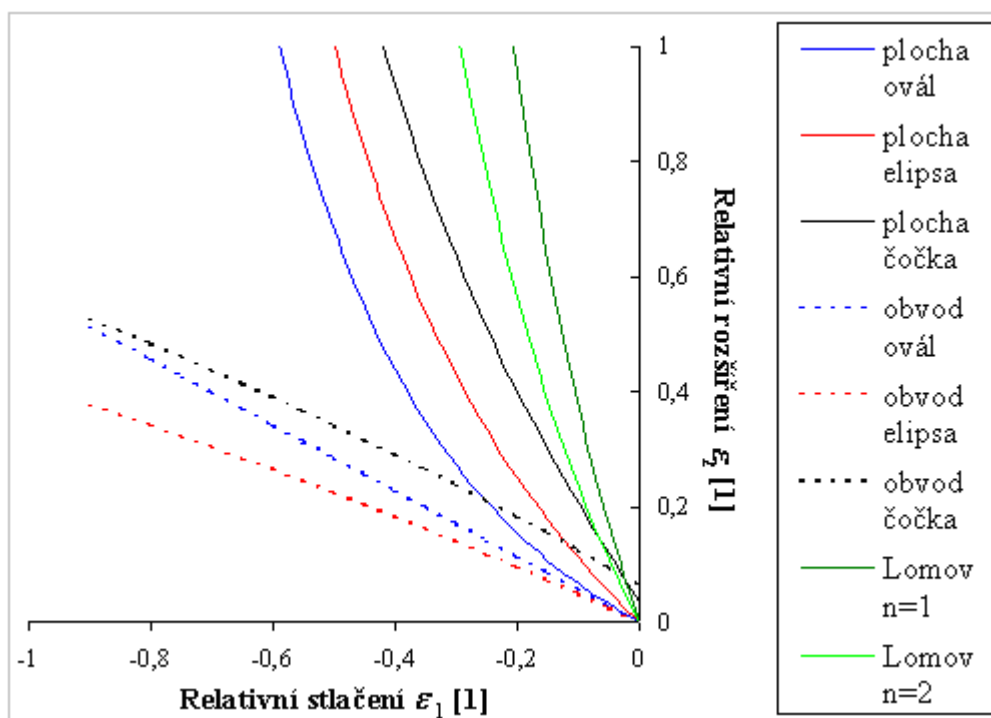
$$\text{elipsa} \quad \alpha = \sqrt{2 - \beta^2}, \quad (43)$$

$$\text{čočka} \quad \alpha = \sqrt{\left(\frac{\pi}{2}\right)^2 - \frac{4}{3}\beta^2}. \quad (44)$$

Obě alternativní hypotézy lze vyjádřit též závislostí mezi relativním rozšířením a relativním stlačením. Tyto vztahy jsou uvedeny např. v [1] a lze je vyjádřit též obrázkem (obr. 10). Vztah mezi relativním rozšířením a relativním stlačením doporučeným Lomovem je:

$$\varepsilon_2 = 1/(\varepsilon_1 + 1)^n - 1, \quad (45)$$

kde je za n doporučeno dosadit hodnotu 1..2.



Obr. 10 Vztah mezi relativním rozšířením a relativním stlačením

Zhodnocení obou alternativních hypotéz vzhledem ke strukturním závislostem niti vychází z předpokladu, že příčný řez nezatkané („volné“) niti je kruhový. Tudíž má při shodném obsahu s jinými útvary nejmenší obvod a při shodném obvodu největší plochu.

Pokud přijmeme hypotézu o konstantní ploše příčného řezu, pak roste obvod deformovaného řezu v důsledku změny původně kruhového řezu na jiný prostorový útvar. Tak lze předpokládat, že změny v obvodu příčných řezů nejsou zapříčiněny jen změnou průřezu, ale i uvolněním dostředivých, které jsou vyvozovány přibližně šroubovicovou strukturou uspořádání vláken. Tato hypotéza dále naznačuje, že se při deformaci niti nemění objem mezivláknenných pórů, tím zůstává zachováno zaplnění.

V případě hypotézy o konstantním obvodu příčného řezu niti plocha deformovaného řezu klesá. Z čehož vyplývá, že se zvyšuje mezivláknenný kontakt jednotlivých vláken – zaplnění roste. Dochází k destrukci celé původní struktury niti.

Na základě analýzy parametrů příčného řezu multifilu ve vazném bodě tkaniny bylo zjištěno (práce [1], [11]), že se multifil svým charakterem blíží hypotéze o konstantní ploše průřezu, což ukazuje na fakt, že se zaplnění příliš nemění (protože již při nízkém počtu zákrutů zaujímají vlákna v průřezu optimální pozici).

2.6 Aplikace deformace multifilu při projektování tkanin

Jedním z hlavních účelů projektování tkanin z multifilu je předpověď vlastností tkaniny, aniž by byla vyrobena. Při projektování tkanin z multifilu je nutné, aby byl kladen důraz na strukturu a geometrii těchto tkanin. Konstrukce tkanin z multifilu na základě znalosti těchto specifických parametrů byla řešena v pracích Bohadla (např. v [3]).

2.6.1 Plošné zakrytí tkaniny uvažující zploštění průřezu multifilu ve tkanině

Pro výpočet plošného zakrytí s respektováním specifického zploštění lze využít vztah (22). Je však nutné, abychom za Z_o a Z_u dosadili hodnoty dle níže uvedených vztahů:

$$Z_o = D_o \cdot a_o = D_o \cdot d_o \cdot \alpha_o, \quad (46)$$

$$Z_u = D_u \cdot a_u = D_u \cdot d_u \cdot \alpha_u, \quad (47)$$

kde Z_o (Z_u) je zakrytí osnovy (útku), d_o (d_u) je průměr osnovní (útkové) niti, D_o (D_u) je dostava osnovy (útku), a_o (a_u) je šířka příčného řezu osnovní (útkové) niti a α_o (α_u) je relativní šířka příčného řezu osnovní (útkové) niti. Hodnoty relativní šířky je možné získat z tabulky 1 nebo výpočtem dle (28).

2.6.2 Plnost tkaniny uvažující zploštění průřezu multifilu ve tkanině

Plnost tkaniny udává zaplnění posuzované tkaniny vzhledem ke tkanině, kde osnova i útek jsou těsně geometricky nahuštěny (s limitní dostavou) s ohledem na rozměry niti (např. šířku příčného řezu multifilu) a vazbu tkaniny [3]. Plnost tkaniny je důležitým ukazatelem, udávajícím, jak pevně je tkanina provázaná [12]. Maximálně nahuštěná tkanina má $P = 100\%$ (limitní zaplnění), čím je P nižší, tím je tkanina volněji provázaná. Definována může být samostatně pro osnovu (49) i pro útek (50). Procento plnosti pro multifil vychází z obdobných vztahů (tyto vztahy jsou uvedeny např. v [5], [6], [12]) jako pro staplové příze, kde se uvažují pouze kruhové průřezy. Rozměry multifilu je však nutno brát zploštělé. Dle Bohadla byly pro výpočet plnosti tkaniny navrženy následující vztahy [3]:

$$P_{tk} = \frac{P_o + P_u}{2}, \quad (48)$$

$$P_o = D_o \cdot d_o (\gamma_o + \beta_o \cdot C_o), \quad (49)$$

$$P_u = D_u \cdot d_u (\gamma_u + \beta_u \cdot C_u), \quad (50)$$

kde P_{tk} je plnost tkaniny, P_o (P_u) je plnost osnovy (útku), D_o (D_u) je dostava osnovy (útku), d_o (d_u) je průměr osnovní (útkové) niti, γ je parametr γ – rozdíl relativní šířky a relativní výšky (který získáme buď výpočtem dle vztahu (30) nebo z tabulky 1), β je relativní šířka (lze získat též výpočtem (29) nebo z tab. 1) a C_o (C_u) je vazební koeficient pro osnovu (útek).

Vzhledem k tomu, že vazba je jedním z rozhodujících faktorů při výpočtu procenta plnosti, je nutno brát v úvahu její vliv. Vazební koeficient ze vztahu (49) a (50) je daný následujícími vztahy:

$$C_o = \frac{n_s + 2g_o}{n_s}, \quad (51)$$

$$C_u = \frac{n_s + 2g_u}{n_s}, \quad (52)$$

přičemž:

$$g_o = \sqrt{1 + \frac{2b_u}{b_o}} - 1, \quad (53)$$

$$g_u = \sqrt{1 + \frac{2b_o}{b_u}} - 1, \quad (54)$$

kde C_o (C_u) je vazební koeficient pro osnovu (útek), n_s je počet nití ve střídě vazby, g_o (g_u) je prostor nutný k zakřížení pro osnovu (útek) a b_o (b_u) je výška příčného řezu multifilu v osnově (útku).

3. Experimentální část

Experiment popsaný v této kapitole je zaměřený na zjišťování specifických parametrů tkanin z multifilu. Na základě experimentu byla zjišťována velikost deformace průřezu multifilu ve vazném bodě tkaniny (viz kap. 2.5.1.2). Dále byl zjišťován rozdíl mezi zaplněním limitním, z experimentu (37) a vypočteným dle regresních vztahů podle Bohadla (vztahy (36), (38) a tab. 4). Dále se zjišťovala velikost zploštění průřezu multifilu ve vazném bodě tkaniny v závislosti na použitém druhu materiálu. Jedná se konkrétně o ověření regresních vztahů z tabulky 2. V této tabulce jsou uvedeny doporučené vztahy pro výpočet zploštění, které byly stanoveny Bohadlem na základě korelačních propočtů v závislosti na druhu materiálu a počtu zákrutů na metr.

3.1 Popis vzorků tkanin

Pro experimentální analýzu tkanin z multifilu a ověření predikce vlastností dle známých modelů byla použita sada 2 tkanin. Základní parametry těchto tkanin, které byly zjištěny experimentálně, výpočtem, popř. z literatury jsou uvedeny v tabulce 5.

Tabulka 5: Popis vzorků tkanin

	Tkanina 1		Tkanina 2	
	Osnova	Útek	Osnova	Útek
Vazba	$P \frac{1}{1}$		$K \frac{1}{2} Z$	
Materiál	100% CA		100% PES	
Jemnost [tex]	9	17	8	18
Dostava [nití/100mm]	456	232	474	342
Zákrut [m^{-1}]	235	130	700	90
Zákrutový koeficient [$ktex^{1/2} m^{-1}$]	22,30	16,95	62,61	12,07
Počet vláken v průřezu	22	40	24	36
Měrná hmotnost vláken [kgm^{-3}]	1320		1360	

Měření dostavy bylo prováděno v souladu s ČSN EN 1049-5. Zjišťování jemnosti na základě ČSN EN ISO 2060. Měření zákrutů nití dle ČSN 80 0701.

3. 2 Tvorba „měkkých“ příčných řezů tkaniny

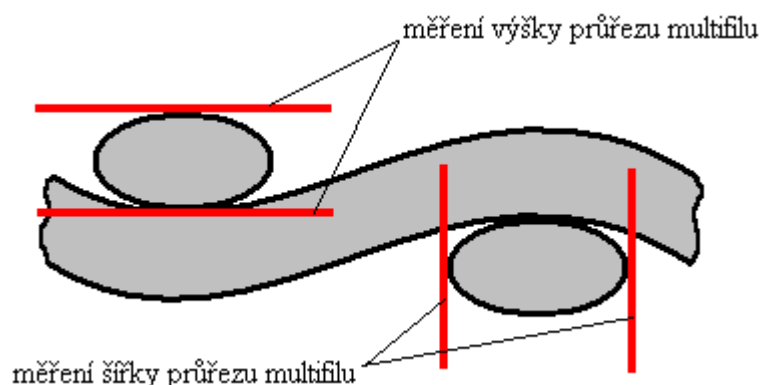
Jako vhodná metoda k měření specifických parametrů příčných řezů tkaniny z multifilu se osvědčilo využití obrazové analýzy. Bylo však nutné příčné řezy získat v odpovídající kvalitě (aby řezy nebyly deformované, neměly vypadaná vlákna apod.). Jako nejvhodnější byla zvolena metoda „měkkých“ příčných řezů [13].

Podstatou zkoušky je zalití textilie do média po jehož ztuhnutí vzniká bloček, z něhož se speciální technikou oddělují mikroskopické řezy. Doporučený postup tvorby „měkkých“ příčných řezů lze shrnout do těchto fází:

- odběr vzorků – jedná se o vystříhnutí vzorků o velikosti 6x6 cm ve směru diagonály tak, aby v každém vzorku byly jiné skupiny osnovních a útkových nití;
- fixace polohy vláken – vlákna je nutno fixovat pomocí dvojí impregnace, přičemž první se provádí směsí disperzního lepidla (např. Gama Fix Henkel) a rychlosmáčecího přípravku (např. Spolion 8), druhá disperzním lepidlem;
- nařezání vzorků 6x6 cm na úzké proužky (šířky 3 – 4 mm); požadujeme-li příčné řezy osnovou, řežeme ve směru útku, požadujeme-li příčné řezy útkem, řežeme ve směru osnovy;
- upevnění vzorků – provádí se např. do plechové vaničky, jejíž stěny je nutno oblépit lepicí páskou, abychom zabránili úniku směsi vosku; šířka zářezů ve stěnách vaničky je cca 4 mm pro plošné textilie;
- zalití vzorků upevněných ve vaničce rozehřátou směsí včelího vosku a parafinu; po vychlazení je nutno vzorky vložit do mrazničky (-18°C);
- vyjmutí bločků z vaniček a seříznutí odlamovacím nožem (popř. žiletkou) do tvaru čtyřbokého jehlanu;
- řezání – chlazený nůž a seříznutý bloček je upnut do mikrotomu; doporučená tloušťka řezu pro hodnocení deformace multifilu ve tkanině je 40 až 50 µm; jednotlivé řezy tvoří pásek, který se pomocí jehličky umístí na podložní sklíčko a zakápně xylenem, který směs vosku a parafinu rozpustí;
- na takto připraveném preparátu lze prostřednictvím obrazové analýzy hodnotit parametry popisující vnitřní strukturu tkaniny z multifilu.

3.3 Parametry průřezu multifilu ve vazném bodě tkaniny

Měření šířky a výšky průřezu multifilu ve vazném bodě tkaniny (obr. 11) bylo provedeno pomocí obrazové analýzy software Lucia. Relativní šířka a relativní výška průřezu multifilu byla vypočtena dle vztahů (28) a (29). Za průměr multifilu byla dosazena hodnota vypočtená dle vztahu (11) s použitím limitního zaplnění doporučeného pro multifil (0,7). Výpočet relativního rozšíření, relativního stlačení a zploštění průřezu multifilu byl proveden dle vztahů (32), (31) a (25). Veškeré výsledky těchto hodnot jsou uvedeny v tabulce 6.



Obr. 11 Měření šířky a výšky průřezu multifilu pomocí obrazové analýzy

Tabulka 6: Šířka, výška, relativní šířka, relativní výška, relativní rozšíření, relativní stlačení a zploštění průřezu multifilu ve vazném bodě tkaniny

	Tkanina 1		Tkanina 2	
	Osnova	Útek	Osnova	Útek
Šířka průřezu a [μm] *)	200,80 <194,50; 207,10>	375,10 <370,97; 379,23>	199,11 <194,75; 203,47>	289,57 <285,47; 293,67>
Šířka průřezu a [μm] **)	-	-	183,01 <179,99; 186,03>	283,49 <280,45; 286,53>
Výška průřezu b [μm] *)	64,70 <62,81; 66,59>	71,20 <68,73; 73,67>	65,30 <62,55; 68,05>	102,02 <99,60; 104,44>
Výška průřezu b [μm] **)	-	-	71,42 <69,29; 73,55>	105,95 <103,69; 108,21>

Relativní šířka α [1] *)	1,80	2,45	1,92	1,87
Relativní šířka α [1] **)	-	-	1,77	1,83
Relativní výška β [1] *)	0,58	0,47	0,62	0,66
Relativní výška β [1] **)	-	-	0,69	0,68
Relativní rozšíření ε_2 [1] *)	0,80	1,45	0,92	0,87
Relativní rozšíření ε_2 [1] **)	-	-	0,77	0,83
Relativní stlačení ε_I [1] *)	-0,43	-0,53	-0,37	-0,34
Relativní stlačení ε_I [1] **)	-	-	-0,42	-0,32
Zploštění Z_p [1] *)	0,32	0,19	0,33	0,35
Zploštění Z_p [1] **)	-	-	0,39	0,37

*) Hodnoty ve vazném bodě s překřížením.

**) Hodnoty ve vazném bodě bez překřížení (flotující úsek).

<;> Hodnoty 95% intervalu spolehlivosti.

3.4 Výsledky

Na základě naměřených hodnot šířky a výšky průřezu multifilu ve vazném bodě tkaniny byly vypočteny parametry: relativní šířka, relativní výška, relativní rozšíření, relativní stlačení a zploštění průřezu multifilu ve vazném bodě tkaniny (viz tab. 6). Výsledky relativního rozšíření, relativního stlačení jsou uvedeny v kapitole 3.4.1 (obr. 12). V kapitole 3.4.2 jsou uvedeny výsledky porovnání zaplnění limitního, z experimentu a vypočteného dle regresních vztahů podle Bohadla. Poslední experiment je založen na porovnání hodnot zploštění průřezu multifilu z experimentu a vypočtených dle regresních vztahů podle Bohadla.

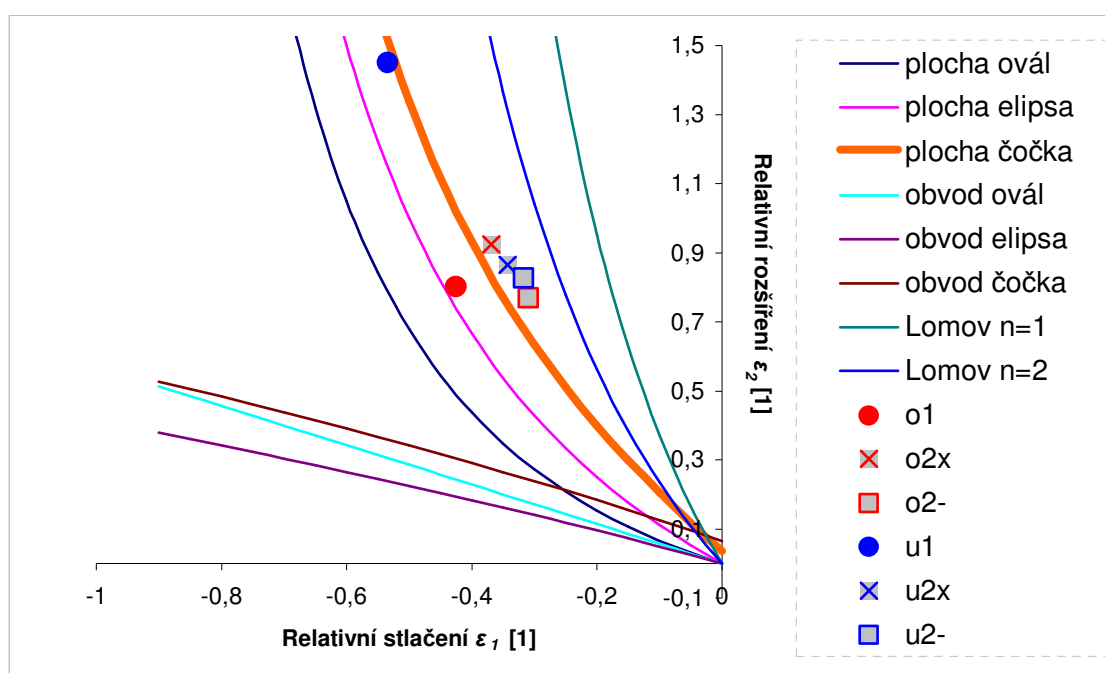
Pro lepší orientaci je zde uvedena tab. 7 – popisující značení tkanin v grafech.

Tabulka 7: Popis označení v grafech

●	o1	Tkanina 1 – osnova
×	o2x	Tkanina 2 – osnova (vazný bod s překřížením)
□	o2-	Tkanina 2 – osnova (vazný bod bez překřížení – flotující úsek)
●	u1	Tkanina 1 – útek
×	u2x	Tkanina 2 – útek (vazný bod s překřížením)
□	u2-	Tkanina 2 – útek (vazný bod bez překřížení – flotující úsek)

3.4.1 Velikost deformace průřezu multifilu ve vazném bodě tkaniny

Na obr. 12 jsou vyznačeny výsledky měření relativního rozšíření a relativního stlačení průřezu multifilu ve vazném bodě tkaniny společně s průběhy relativních deformací.



Obr. 12 Závislost relativního rozšíření a relativního stlačení ve vazném bodě tkaniny

Diskuze

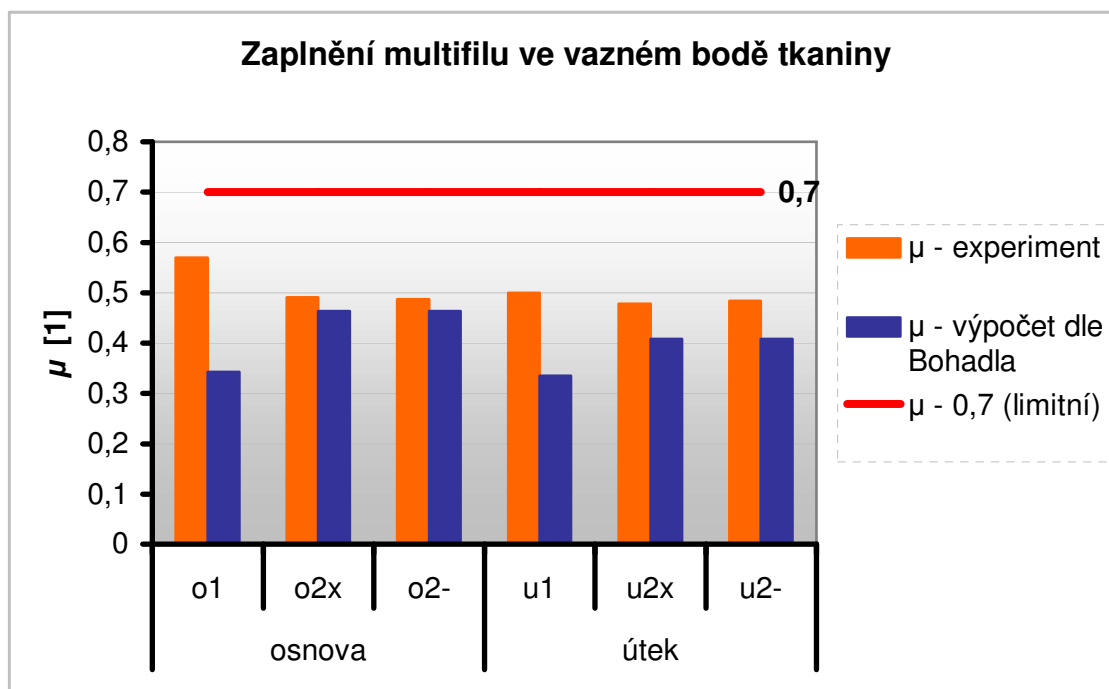
Lze konstatovat, že závislost mezi relativním rozšířením a relativním stlačáním průřezu multifilu ve vazném bodě tkaniny se nejvíce blíží první alternativní hypotéze (viz kap. 2.5.1.2), která uvažuje, že se plocha průřezu původní nestlačené niti deformací nemění.

Čili zaplnění neroste, může jen klesat. Konstantní plocha průřezu se nejvíce blíží tvaru čocky.

Deformovaný průřez útku ve vazném bodě tkaniny 1 je od ostatních nití nejvíce odchýlen – dosahuje nejvyšších hodnot relativního rozšíření a relativního stlačení. Lze usuzovat, že těchto nejvyšších hodnot dosáhl v důsledku nejnižší dostavy (v porovnání s ostatními) a relativně nízkého zákrutu. Mezi deformovanými průřezy osnova a útku ve vazném bodě tkaniny 2 nelze konstatovat výrazný rozdíl. Závislost relativního rozšíření a relativního stlačení vyšla u těchto průřezů téměř shodná. Lze usoudit, že tento výsledek je v důsledku působení mnoha faktorů (zákrut, dostava, jemnost, vazba apod.), které se navzájem vyrušily. U průřezů osnova a útku tkaniny 2 ve vazném bodě s překřížením je znatelné vyšší relativní rozšíření a relativní stlačení než ve vazném bodě bez překřížení. Tento rozdíl, který je vyšší u osnova lze přisoudit vlivu většího zakřivení osnova v tomto provazujícím úseku.

3.4.2 Zaplnění multifilu ve vazném bodě tkaniny

Výsledky výpočtů zaplnění multifilu ve tkanině podle dostupných způsobů jsou porovnány na obr. 13.



Obr. 13 Zaplnění multifilu ve vazném bodě tkaniny z experimentu, vypočtené dle regresních vztahů podle Bohadla a limitní

Z výsledků zaplnění multifilu vaznou buňkou tkaniny vyznačených na obrázku 13 lze konstatovat, že zaplnění dle experimentu vypočtené s použitím vztahu (37) dosahuje poměrně vyšších hodnot, než zaplnění vypočtené dle regresních vztahů (vztah (36), přičemž K_1 je dle (38) a K_2 z tab. 4) doporučených Bohadlem. Bohadlo vytvořil tyto regresní vztahy na základě korelačních propočtů uvažujících vliv počtu vláken v průřezu, materiálu a počtu zákrutů na metr.

Diskuze

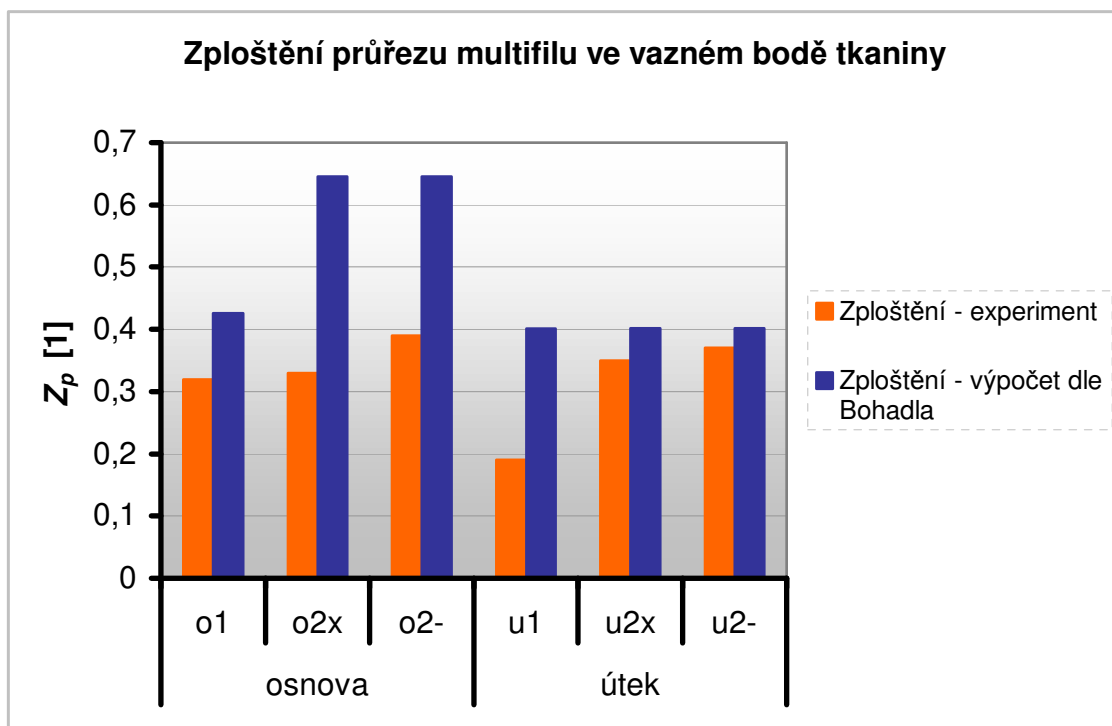
Zaplnění (experiment) v průřezu osnovy tkaniny 1 dosahuje vyšších hodnot než zaplnění v průřezu útkem téže tkaniny. Obdobně se chová i tkanina 2. Lze konstatovat, že je to způsobeno vyšším zákrutem a dostavou osnovy než dosahuje útek. Hodnoty zaplnění v průřezu multifilu tkaniny 2 ve vazném bodě s překřížením jsou téměř shodné s hodnotami vazného bodu bez překřížení (flotující úsek). Na základě výsledků z experimentu lze tedy usuzovat, že vliv vazby má na zaplnění průřezu multifilu nevýznamný vliv (v rámci zkoumané vazby).

Výsledky hodnot zaplnění průřezu multifilu vaznou buňkou tkaniny vypočtené dle regresních vztahů podle Bohadla vychází nižší. Bohadlo uvažuje nižší mezivláknový kontakt (více vzduchových prostor mezi vlákny) než dosahují výsledky zaplnění průřezu multifilu z experimentu. Hodnoty zaplnění průřezu multifilu ve vazném bodě s překřížením je zcela shodné s hodnotami vazného bodu bez překřížení, poněvadž Bohadlo neuvažoval možný rozdíl.

Pro srovnání byl graf na obr. 13 doplněn limitní hodnotou zaplnění 0,7, odvozenou z válcové struktury (viz kap. 2.2.3), která předpokládá, že vlákna v průřezu multifilu mají tendenci zaujímat maximálně uspořádanou strukturu již při nízkém počtu zákrutů. Z grafu je však patrné, že této limitní hodnoty nedosáhl žádný průřez multifilu zkoumaných tkanin. Zaplnění je nižší, došlo k „rozsypaní“ vláken.

3.4.3 Zploštění průřezu multifilu ve vazném bodě tkaniny

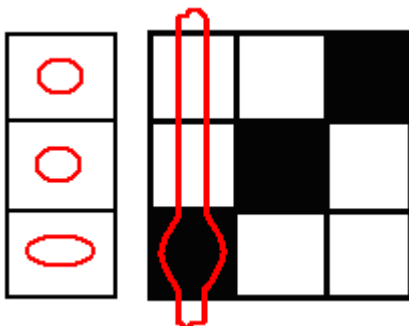
Výsledky výpočtů zploštění multifilu ve vazném bodě tkaniny podle dostupných způsobů jsou porovnány na obr. 14.



Obr. 14 Zploštění průřezu multifilu ve vazném bodě tkaniny z experimentu a vypočtené dle regresních vztahů podle Bohadla (tab. 2)

Diskuze

Hodnota zploštění (experiment) průřezu útku tkaniny 1 je menší než hodnota zploštění průřezu osnovy tkaniny 1. Lze konstatovat, že je to důsledek vlivu zákrutu a dostavy, jejichž hodnoty jsou u osnovy tkaniny 1 cca dvojnásobně vyšší než u útku tkaniny 1 a tím může dojít k většímu rozšíření nití. U zploštění průřezu osnovy a útku tkaniny 2 nelze konstatovat trend. Zploštění osnovy a útku tkaniny 2 je téměř srovnatelné. Větší význam na zploštění lze přisoudit vlivu provázání. U osnovy tkaniny 2 ve vazném bodě s překřížením dochází k nižšímu zploštění než ve vazném bodě bez překřížení – flotujícím úseku (obr. 15). Lze usuzovat, že je to důsledkem zakřivení osnovy, která má větší úhel provázání v tomto provazujícím úseku.



Obr. 15 Větší zploštění osnovy v provazujícím úseku

U průřezu útku tkaniny 2 je rozdíl ve zploštění mezi vazným bodem s překřížením a vazným bodem bez překřížení nižší, neboť zde nedochází k tak velkému zakřivení, jako je to v případě osnovy tkaniny 2. Lze tedy konstatovat, že u útku tkaniny 2 má na zploštění průřezu ohyb nepatrný vliv na rozdíl od osnovy tkaniny 2.

Zploštění průřezu vypočtené dle regresních vztahů podle Bohadla (viz tab. 2) vychází celkově vyšší než zploštění z experimentu. Lze usoudit, že Bohadlo nadhodnocuje vliv zákrutu. Především v oblasti vysokých zákrutů vychází zploštění nejvyšší – průřezy se nejvíc přibližují kruhovému tvaru. Hodnoty zploštění ve vazném bodě s překřížením a vazném bodě bez překřížení vycházejí dle regresních vztahů podle Bohadla shodně, poněvadž Bohadlo neuvažoval možný rozdíl.

4. Závěr

V práci jsou formulovány definice základních parametrů vláken, multifilu a tkanin. Dále je zde uveden vliv těchto parametrů a deformace na změnu příčného řezu multifilu ve vazném bodě tkaniny. Jsou zde uvedeny vhodné geometrické tvary jimiž lze příčný řez deformovaného multifilu ve tkanině aproximovat. Experimenty jsou zaměřeny na hodnocení parametrů příčného řezu multifilu ve vazném bodě tkaniny.

Na základě analýzy parametrů příčného řezu multifilu ve vazném bodě tkaniny lze konstatovat, že závislost mezi relativním rozšířením a relativním stlačením průřezu multifilu se svým charakterem blíží hypotéze a zachování plochy (čočky).

Z výsledků naměřených hodnot šířky a výšky příčného řezu byl porovnáván poměr zploštění a zaplnění s hodnotami dle dostupných regresních vztahů. Lze usoudit, že výsledky zaplnění multifilu z experimentu dosahují vyšších hodnot (více se blíží hodnotě limitního zaplnění) než výsledky dle dostupných regresních vztahů, které mezi vlákna uvažují více vzduchových prostor.

Obdobně vyšly hodnoty zploštění příčného řezu multifilu ve vazném bodě tkaniny. Zploštění průřezu z experimentu bylo též porovnáváno s hodnotami vypočtenými dle dostupných regresních vztahů. U naměřených hodnot průřezů z experimentu bylo dosaženo nižšího zploštění než u výsledků dle regresních vztahů. Lze usuzovat, že regresní vztahy pro výpočet zploštění jsou nadhodnocené, a to zejména v oblasti vysokých zákrutů.

Na základě získaných poznatků lze konstatovat, že dostupné regresní vztahy pro výpočet zploštění průřezu a zaplnění multifilu ve vazném bodě tkaniny nelze doporučit. Bylo by vhodné vytkat soubor tkaniny stejných parametrů, přičemž v každé tkanině by byla jiná dostava (popř. zákrut, vazba apod.), aby bylo jasné jak velký vliv má na zploštění průřezu multifilu ve vazném bodě tkaniny dostava (popř. zákrut, vazba apod.). Takto řízený experiment lze doporučit, aby byl řešen v diplomové práci.

Použitá literatura

- [1] Drašarová, J.: Analýza příčných řezů tkaniny. Disertační práce, 2004, TU Liberec.
- [2] Drašarová, J.: Deformace příčného řezu délkové textilie ve vazném bodě tkaniny. 7. národní konference STRUTEX, TU Liberec 2000, str. 127-134.
- [3] Bohadlo, O.: Konstrukce hedvábných tkanin, Textil 1973, str. 287-292.
- [4] Nosek, S.: Teorie tkacího procesu a formování tkaniny, VÚB Ústí nad Orlicí, 1997-8.
- [5] Nosek, S.: Struktura a geometrie tkanin, VÚB Ústí nad Orlicí, 1976.
- [6] Talavášek, O.: Tkalcovská příručka. SNTL Praha 1980.
- [7] Neckář, B.: Příze. Tvorba, struktura, vlastnosti. SNTL Liberec 1985.
- [8] Neckář, B.: Morfologie a strukturní mechanika obecných vláknenných útvarů. TU Liberec 1998.
- [9] Kovář, R.: Struktura a vlastnosti plošných textilií, TU Liberec 2002.
- [10] Marko, J.: Jádrová skaná nit. Kandidátská práce, TU Liberec 1990.
- [11] Froňková, P.: Radiální deformace multifilu ve vazném bodě, Diplomová práce, TU Liberec 2003.
- [12] Kolektiv autorů: Příručka textilního odborníka 2. část, Praha 1981.
- [13] Kolektiv autorů: Interní normy VCT sekce B, 2001.

Příloha 1

Geometrické parametry struktury

Tabulka 1: Průměr multifilu d , substanční průměr multifilu d_s

	Tkanina 1		Tkanina 2	
	Osnova	Útek	Osnova	Útek
d [mm] výpočet dle (11) *)	0,111	0,153	0,103	0,155
d [mm] výpočet dle (12)	0,123	0,171	0,086	0,145
d_s [mm]	0,093	0,128	0,087	0,022

*) Výpočet průměru multifilu s doporučenou hodnotou zaplnění 0,7 (viz kap. 2.2.3).

Tabulka 2: Substanční plocha multifilu

	Tkanina 1		Tkanina 2	
	Osnova	Útek	Osnova	Útek
S [mm ²]	0,0068	0,0129	0,0059	0,0132

Tabulka 3: Dílčí koeficient objemnosti K_I (experiment – dle vztahu (35)), koeficient objemnosti K (dle regresního vztahu (34), přičemž K_I je dle (36) a K_2 je z tab. 4 – rešeršní části)

	Tkanina 1		Tkanina 2	
	Osnova	Útek	Osnova	Útek
K_I [1] *)	1,754	1,998	2,037	2,086
K_I [1] **)	-	-	2,054	2,065
$\mu = 1 / K_I$ [1] *)	0,570	0,500	0,491	0,479
$\mu = 1 / K_I$ [1] **)	-	-	0,487	0,484
K [1]	2,912	2,988	2,155	2,447
$\mu = 1 / K$ [1]	0,343	0,335	0,464	0,409

*) Hodnoty ve vazném bodě s překřížením.

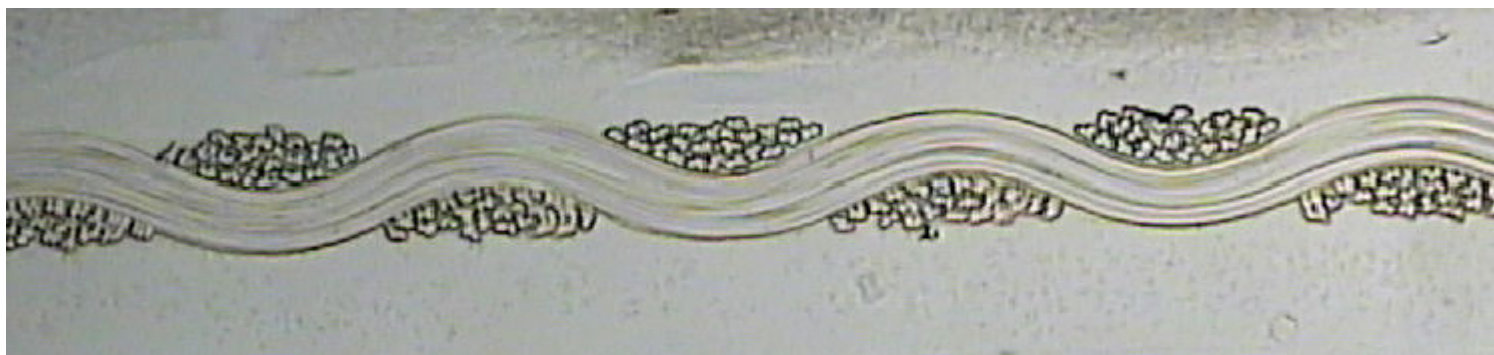
***) Hodnoty ve vazném bodě bez překřížení (flotující úsek).

Tabulka 4: Zploštění multifilu vypočtené dle regresních vztahů z tab. 2 – řešeršní části

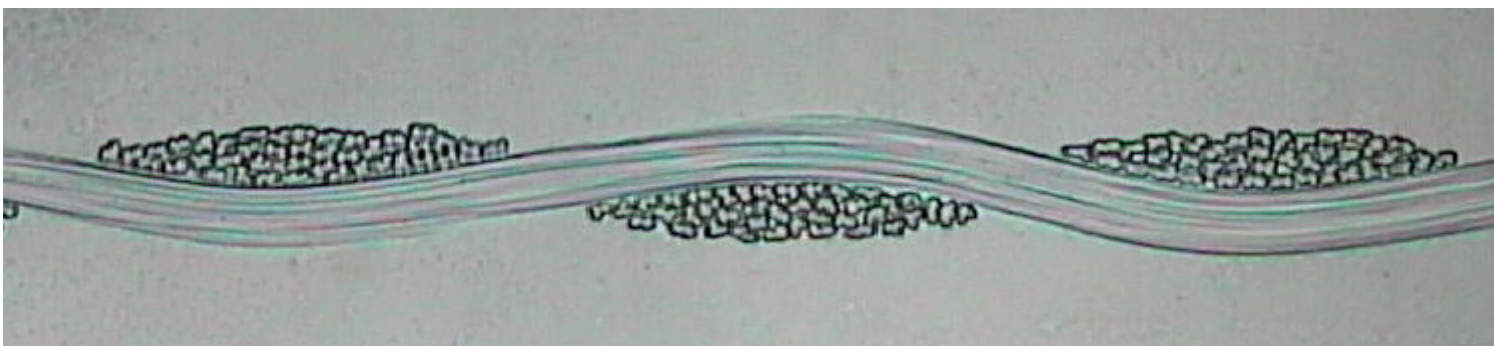
	Tkanina 1		Tkanina 2	
	Osnova	Útek	Osnova	Útek
Z_p [1]	1,754	1,998	2,037	2,086

Příloha 2

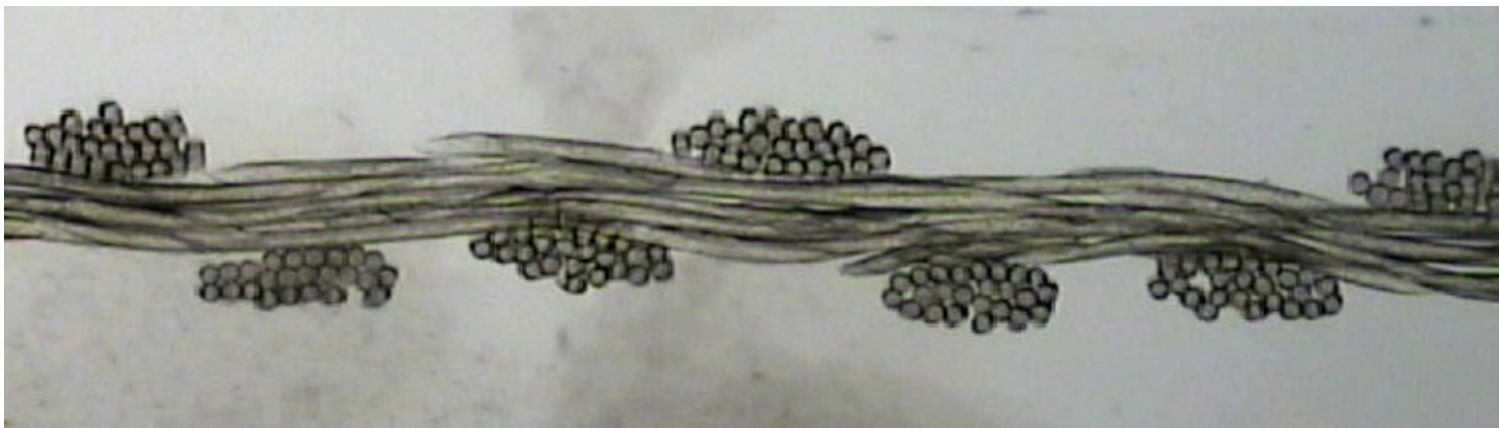
Obrázky řezů zkoumaných tkanin



Obr. 1a Tkanina 1 – příčný řez osnovou



Obr. 1b Tkanina 1 – příčný řez útkem



Obr. 2a Tkanina 2 – příčný řez osnovou



Obr. 2b Tkanina 2 – příčný řez útkem

Příloha 3

Závislost relativní šířky α , relativní výšky β a parametru γ na poměru zploštění Z_p uvažující konstantní plochu průřezu (ovál) multifilu dle [3]

(dopočítaná tabulka 1 z kapitoly 2.5.1.1)

Tabulka 5

Z_p	α	β	γ
0,10	2,833059	0,283306	2,549754
0,11	2,704183	0,297460	2,406723
0,12	2,591908	0,311029	2,280879
0,13	2,492972	0,324086	2,168886
0,14	2,404944	0,336692	2,068252
0,15	2,325971	0,348896	1,977075
0,16	2,254613	0,360738	1,893875
0,17	2,189730	0,372254	1,817476
0,18	2,130409	0,383474	1,746936
0,19	2,075906	0,394422	1,681484
0,20	2,025610	0,405122	1,620488
0,21	1,979013	0,415593	1,563420
0,22	1,935689	0,425852	1,509837
0,23	1,895277	0,435914	1,459363
0,24	1,857469	0,445793	1,411677
0,25	1,822003	0,455501	1,366502
0,26	1,788650	0,465049	1,323601
0,27	1,757213	0,474447	1,282765
0,28	1,727517	0,483705	1,243813
0,29	1,699413	0,492830	1,206583
0,30	1,672764	0,501829	1,170935
0,31	1,647453	0,510711	1,136743
0,32	1,623375	0,519480	1,103895
0,33	1,600434	0,528143	1,072291
0,34	1,578546	0,536706	1,041841
0,35	1,557636	0,545173	1,012464
0,36	1,537635	0,553549	0,984086
0,37	1,518481	0,561838	0,956643
0,38	1,500117	0,570044	0,930072
0,39	1,482493	0,578172	0,904321
0,40	1,465561	0,586225	0,879337
0,41	1,449280	0,594205	0,855075
0,42	1,433611	0,602117	0,831494
0,43	1,418517	0,609962	0,808555
0,44	1,403965	0,617745	0,786221
0,45	1,389926	0,625467	0,764459
0,46	1,376371	0,633130	0,743240
0,47	1,363274	0,640739	0,722535
0,48	1,350611	0,648293	0,702318
0,49	1,338360	0,655796	0,682564
0,50	1,326500	0,663250	0,663250
0,51	1,315013	0,670656	0,644356
0,52	1,303879	0,678017	0,625862
0,53	1,293082	0,685334	0,607749
0,54	1,282607	0,692608	0,589999
0,55	1,272439	0,699841	0,572598
0,56	1,262564	0,707036	0,555528

0,57	1,252969	0,714192	0,538776
0,58	1,243641	0,721312	0,522329
0,59	1,234571	0,728397	0,506174
0,60	1,225747	0,735448	0,490299
0,61	1,217158	0,742466	0,474692
0,62	1,208796	0,749453	0,459342
0,63	1,200651	0,756410	0,444241
0,64	1,192714	0,763337	0,429377
0,65	1,184979	0,770236	0,414743
0,66	1,177437	0,777108	0,400328
0,67	1,170080	0,783954	0,386127
0,68	1,162903	0,790774	0,372129
0,69	1,155899	0,797570	0,358329
0,70	1,149061	0,804343	0,344718
0,71	1,142383	0,811092	0,331291
0,72	1,135861	0,817820	0,318041
0,73	1,129489	0,824527	0,304962
0,74	1,123261	0,831213	0,292048
0,75	1,117174	0,837880	0,279293
0,76	1,111222	0,844528	0,266693
0,77	1,105400	0,851158	0,254242
0,78	1,099706	0,857771	0,241935
0,79	1,094135	0,864367	0,229768
0,80	1,088683	0,870946	0,217737
0,81	1,083346	0,877510	0,205836
0,82	1,078121	0,884059	0,194062
0,83	1,073005	0,890594	0,182411
0,84	1,067994	0,897115	0,170879
0,85	1,063085	0,903622	0,159463
0,86	1,058276	0,910118	0,148159
0,87	1,053564	0,916601	0,136963
0,88	1,048945	0,923072	0,125873
0,89	1,044418	0,929532	0,114886
0,90	1,039980	0,935982	0,103998
0,91	1,035628	0,942422	0,093207
0,92	1,031361	0,948852	0,082509
0,93	1,027175	0,955273	0,071902
0,94	1,023069	0,961685	0,061384
0,95	1,019041	0,968089	0,050952
0,96	1,015089	0,974485	0,040604
0,97	1,011210	0,980874	0,030336
0,98	1,007404	0,987256	0,020148
0,99	1,003668	0,993631	0,010037
1	1	1	0